



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DIAGNÓSTICO DA FRAGILIDADE EMERGENTE NO MUNICÍPIO DE CASTELO (ES) UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS

Vinícius Vieira Pontini ^(a), André Luiz Nascentes Coelho ^(b)

^(a) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo,
pontinivini@gmail.com

^(b) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, alnc.ufes@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho pretende definir classes de Fragilidade Emergente (ROSS, 1994) no município de Castelo (ES) por meio do uso concomitante de Sistemas de Informações Geográficas e produtos de Sensoriamento Remoto, possibilitando a constatação da Fragilidade no município por meio do tratamento de imagens orbitais e suborbitais e a integração com outras fontes de dados. O suporte teórico conceitual contou com autores como Corrêa, Florenzano e Nunes, além de outros que discutem a organização espacial, aplicações geotecnológicas em estudos ambientais e desastres. A metodologia empregada, além de expor a problemática socioambiental da área, se apresenta como uma ferramenta acessível e complementar aos mapeamentos oficiais de áreas frágeis em Castelo, além de poder ser aplicada em outros recortes espaciais e ser um importante instrumento para tomadas de decisões e planejamento, como o Plano Diretor Municipal.

Palavras chave: Aplicações Geotecnológicas; Desastres; Castelo (ES); Fragilidade Emergente.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1. Introdução

As populações humanas crescem a nível global e demandam uma quantidade cada vez maior de recursos para acompanhar este crescimento, como água, alimentos, energia, moradia, dentre outros. A organização espacial, ou seja, o conjunto de objetos de criação antrópica e dispostos sobre a superfície terrestre, é um meio de vida no presente (produção), mas também uma condição para o futuro (reprodução) (CORRÊA, 1990), sendo de fundamental importância compreender a configuração natural dos terrenos antes de ocupá-los, executando uma organização espacial que respeita as condicionantes físicas.

Todavia, o histórico desses processos no Brasil mostra que, em muitos casos, estes se dão de maneira predatória e degradante, materializada sobretudo na urbanização crescente das cidades, planejada e executada, em muitos casos, por atores privados e membros sociedade civil que não levam em consideração a dinâmica do ambiente físico onde estão construindo, onde é comum o emprego do termo “falta de planejamento”. Como consequência, desencadeiam-se diversos danos socioambientais, como inundações e alagamentos em várias cidades e deslizamentos em encostas com ocupações irregulares, evidenciando um ordenamento e uma gestão territorial em conflito com os elementos naturais.

Castelo, município localizado no sul do Espírito Santo (Figura 1) possui a terceira maior população estimada da região, totalizando 38.304 habitantes, ficando atrás do município vizinho de Cachoeiro de Itapemirim (211.649) e de Marataízes (38.670) (IBGE, 2017). A sede municipal de Castelo, que também é a área mais urbanizada, foi materializada às margens dos dois principais rios que cortam o município: Castelo e Caxixe. Tal fato vai de encontro à concepção de que os rios e as suas áreas marginais são locais visados há milhares de anos pelo homem em função não apenas da fundamental importância da água para a sua sobrevivência, mas também, com o avanço técnico-científico e com mudanças culturais, econômicas, políticas e sociais mais recentes historicamente, para fins industriais, de irrigação de áreas cultivadas, recreação, turismo, dentre outras finalidades de natureza antrópica, favorecendo o surgimento e a expansão de núcleos urbanos (CUNHA, 2001). Ademais, o município apresenta um relevo



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

acidentado e abriga o segundo ponto mais alto do Espírito Santo – Pico do Forno Grande, com 2093m de altitude aproximada. A sede municipal, por sua vez, apresenta um relevo igualmente irregular, com ocupações em áreas topograficamente baixas, próximas às margens dos rios, e também em áreas mais altas.

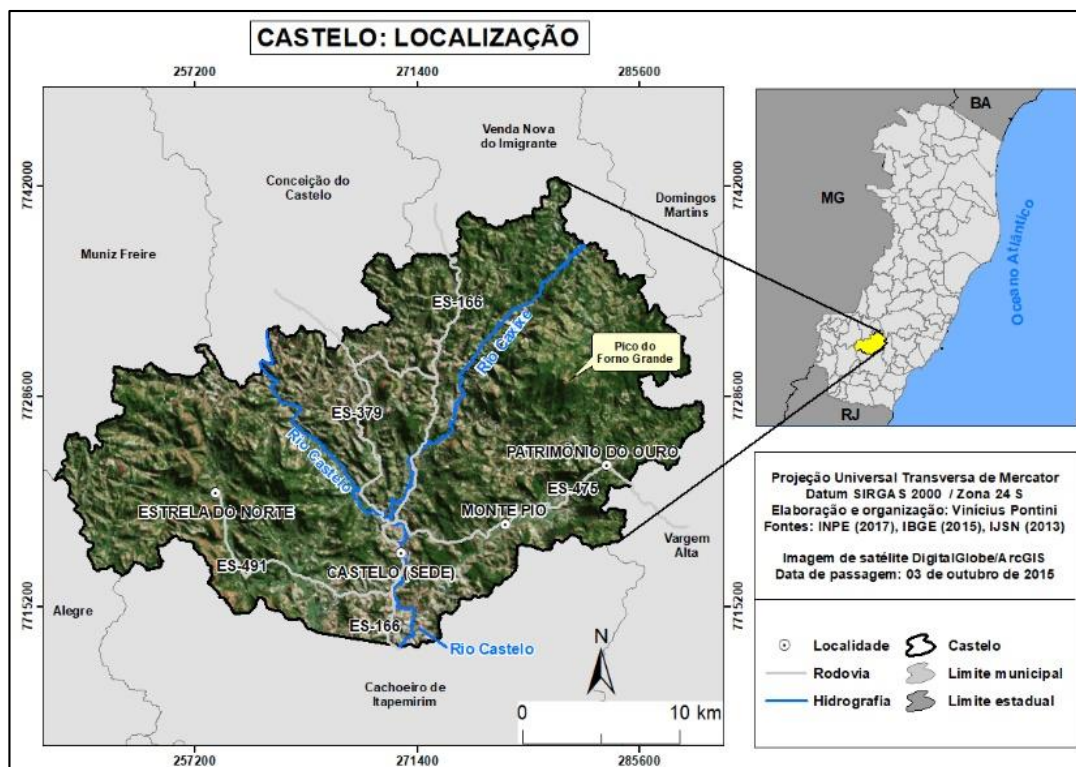


Figura 1 – Mapa de localização de Castelo.

Essas e outras características físicas aliadas à interferência antrópica propiciam a formação de um cenário vulnerável à ocorrência de desastres no município de Castelo, que apresenta um histórico significativo de registros dessa natureza. Desastres são provocados por processos que envolvem grande quantidade de variáveis geofísicas, tais como o relevo, a hidrografia e a precipitação e que podem ser acentuados por condicionantes socioeconômicas (SAUSEN; LACRUZ, 2015). Dessa forma, faz-se necessário realizar estudos visando a análise



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

da Fragilidade em escala municipal, como os desenvolvidos a partir do emprego da metodologia de Ross (1994), que envolve a integração entre as características físicas e as interferências antrópicas, possibilitando identificar graus de Fragilidade Emergente ou Ambiental.

No tocante à Fragilidade Emergente, é comum encontrar discussões com o uso de conceitos como risco, vulnerabilidade e suscetibilidade que, embora apresentem conexões, possuem significados distintos. Moraes (2017) compreende risco como uma situação percebida como perigosa na qual se está suscetível ou os efeitos podem ser sentidos, podendo ter múltiplas abordagens e englobando as esferas social, ética e técnica. Alheiros (1996) argumenta que a vulnerabilidade expressa o grau das perdas materiais e humanas frente à um desastre, ao passo que a suscetibilidade representa a fragilidade do meio físico frente a eventos geofísicos, como deslizamentos e inundações. Outra concepção de desastre é defendida por Nunes (2015), para a qual é entendido como uma construção social, produto da interação conflituosa entre uma organização social e processos naturais.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), os produtos e as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) além do *GPS* de navegação são importantes aportes geotecnológicos para a execução deste tipo de metodologia, trazendo à tona um arsenal de possibilidades analíticas de estudos ambientais. Neste contexto, Fitz (2008) afirma que o avanço das geotecnologias tem culminado em uma maior influência na produção da pesquisa geográfica moderna. As imagens acessíveis e gratuitas de satélites como da série *Landsat*, *Cbres*, *Resourcesat*, *Sentinel*, entre outros, por recobrirem sucessivas vezes a superfície da Terra, possibilitam o estudo e o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente, como inundações, queimadas e tempestades (FLORENZANO, 2011).

Para fins de diagnóstico da Fragilidade Ambiental, é imprescindível a utilização de geotecnologias para extrair, tratar e analisar os diferentes dados que podem ser empregados na problemática proposta, como imagens de satélites orbitais. Ambientes urbanos e periurbanos, como a sede municipal de Castelo incluem áreas ambientalmente sensíveis, como áreas em



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

bacias hidrográficas urbanizadas que viabilizam o escoamento para mananciais de abastecimento de água potável (JENSEN, 2009). Como argumenta Fitz (2008), o avanço tecnológico que tem provocado maior influência na pesquisa geográfica está relacionado à ascensão das geotecnologias, especialmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e o Sensoriamento Remoto (SR), sendo necessário que os diversos profissionais procurem conhecê-lo, unindo os aspectos teóricos e práticos de seu uso.

Assim, este trabalho tem como objetivo geral definir sob uma perspectiva geográfica integrada classes de Fragilidade Emergente no município de Castelo (ES) através da modelagem em ambiente SIG com o uso concomitante de produtos e técnicas de SR.

Especificamente busca-se aprofundar as possibilidades da aplicação de geotecnologias para o desenvolvimento da problemática proposta, destacar as principais etapas da modelagem e possibilitar tomadas de decisões no município, a exemplo da (re)elaboração de planejamentos ambientais e urbanos, como o Plano Diretor Municipal.

2. Materiais e métodos

Com o intuito de se atingir os objetivos propostos, a pesquisa foi fragmentada em duas principais etapas, com metodologia similar à utilizada por Deina e Coelho (2016). Na primeira, fez-se a obtenção de referencial bibliográfico e documental sobre a problemática, como artigos, dissertações, livros e documentos oficiais sobre registros de desastres em Castelo. Assim, foi possível selecionar e compilar um material adequado e que pudesse nortear todo o percurso da pesquisa. Também foram adquiridos planos de informações (*shapefiles*): Limite Estadual (IBGE, 2015) e Hidrografia, Localidade, Município, Rodovia, Solos e Uso e Cobertura da Terra (IJSN, 2013); imagem de satélite da série *DigitalGlobe*, disponível no bando de dados do *software ArcGIS 10.5*, com data de passagem em 03 de outubro de 2015; e dados topográficos da Missão *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM1S21W041V3)* com resolução de 30



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

metros (USGS, 2014). Em adição a isso, foram adquiridos dados pluviométricos para o Espírito Santo e, especialmente, para Castelo, junto à Agência Nacional das Águas (ANA, 2012).

Em um segundo momento, os dados vetoriais e matriciais foram processados no *software ArcGIS 10.5* e ajustados, conforme a necessidade, ao sistema de projeção *UTM*, Datum *SIRGAS 2000*, Zona 24 S (IBGE, 2005). O processo de confecção de Fragilidade Emergente se iniciou com a definição de coeficientes de importância entre 1 a 5 de acordo com Ross (1994), com a adaptação das características socioambientais do recorte espacial estudado, com o valor 5 representando o mais alto grau de Fragilidade e da definição do tamanho das células de 30 x 30 metros, compatíveis com a escala da área analisada.

A variável declividade provém do dado *SRTM* recortado no limite de Castelo, gerando a declividade e reclassificado com o uso das classes de relevo (EMBRAPA, 2006) e dos coeficientes a seguir: Plano (0 a 3% de declividade) = 1; Suave ondulado (3 a 8% de declividade) = 2; Ondulado (8 a 20% de declividade) = 3; Forte ondulado (20 a 45% de declividade) = 4; e Montanhoso (45 a 75% de declividade) = 5.

A variável hipsometria também é oriunda do dado *SRTM* recortado no limite do município e reclassificado com o emprego das seguintes cotas altimétricas e dos seguintes coeficientes: 79 a 199m = 5; 199 a 999m = 3; e 999 a 2099m = 1.

A variável pluviosidade foi interpolada para que as informações dos registros históricos de precipitação anuais no estado do Espírito Santo pudessem ser espacializadas. Após, os dados interpolados, compreendendo o período de 1939 a 2011 para Castelo, foram recortados no limite do município e reclassificados em seis gradientes pluviométricos (1279-1399mm; 1339-1399mm; 1399-1459mm; 1459-1519mm; 1519-1579mm; 1579-1639mm), para os quais foram atribuídos o coeficiente 2.

A variável solo foi extraída do plano de informação vetorial “Solos” recortado no limite de Castelo e, após, foi dissolvida nas tipologias de solos com a criação de um campo numérico “Peso” na tabela de atributos com a utilização das seguintes classes e coeficientes:



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Latossolo Amarelo Distrófico típico = 1; Chernossolo Argilúvico Órtico = 3; Argissolo Vermelho Eutrófico nitossólico, Argissolo Vermelho Eutrófico típico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico e Cambissolo Háptico Distrófico típico = 4; e Neossolo Litólico Distrófico = 5.

A variável uso e cobertura da terra deriva do plano de informação vetorial “Usos” recortado no limite de Castelo que foi dissolvido nas tipologias de usos com a criação de um campo numérico “Peso” na tabela de atributos com a aplicação das seguintes classes e coeficientes: Floresta = 1; Água = 2; Mineração e Silvicultura = 3; Cultura agrícola e pastagem = 4; e Afloramento rochoso e Urbano = 5.

A combinação das variáveis culminou na modelagem do mapa de Fragilidade Emergente por meio da função “*Raster Calculator*”, expressa pelo seguinte cálculo: Fragilidade Emergente = [(declividade + hipsometria + pluviosidade + solo / 4) + uso e cobertura da terra / 2]. Com o mapa gerado, houve a reclassificação em 5 classes de Fragilidade: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta.

3. Resultados e discussões

Além do mapeamento da Fragilidade Emergente de Castelo (Figura 2), foi possível quantificar a porcentagem de cada classe de Fragilidade em relação à área do município, além de calcular as suas áreas (km²) (Tabela I).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

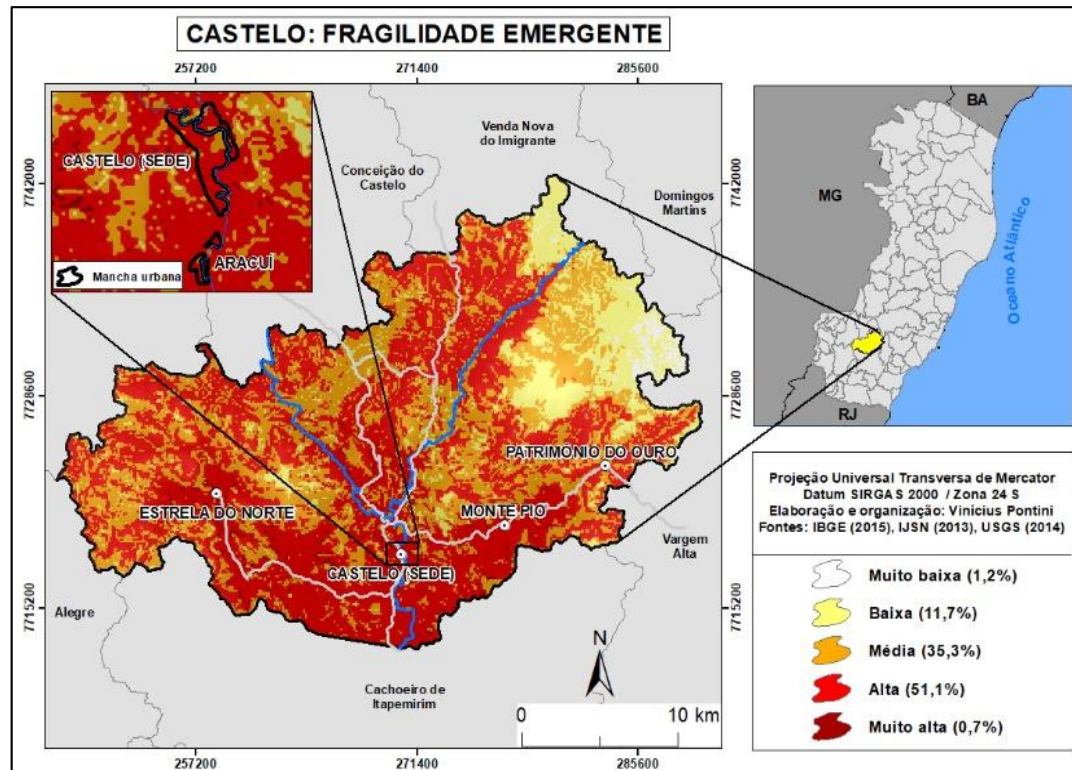


Figura 2 – Distribuição das classes e percentuais de Fragilidade Emergente em Castelo.

Tabela I – Classes de Fragilidade Emergente, suas áreas e seus percentuais em relação a Castelo e à Sede e Aracuí.

Classes de Fragilidade Emergente	Área (km ²)		Percentual (%)	
	Castelo	Sede e Aracuí	Castelo	Sede e Aracuí
Muito Baixa	7,7	-	1,2	-
Baixa	77,6	0,018	11,7	0,47
Média	233,3	0,59	35,3	15,03
Alta	338,6	3,3	51,1	83,9
Muito Alta	4,4	0,02	0,7	0,6
TOTAL	661,6	3,93	100	100



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Dentre as classes mapeadas se destaca a “alta”, que é a predominante tanto em Castelo em sua totalidade quanto na sede municipal e no distrito de Aracuí, os dois principais núcleos urbanos no município, sendo que nestes dois últimos ocupa quase 84% da área total. Ademais, o mapeamento revela que grande parte dos níveis de Fragilidade identificados vão de médio a alto, evidenciando modelos de planejamento urbano e ambiental deficientes.

4. Considerações finais

Com o emprego da metodologia de Ross (1994) adaptada à área de estudo, foi possível expor o cenário de Fragilidade Emergente de Castelo por meio da inter-relação de aspectos fisiográficos e a ação antrópica por meio da urbanização. Assim, evidencia-se a importância do arsenal tecnológico conhecido como geotecnologias enquanto instrumento de análise espacial no contexto contemporâneo, auxiliando seus utilizadores a discutir diversas problemáticas.

Ademais, espera-se que esta pesquisa, ao explicar a problemática abordada em Castelo utilizando ferramentas acessíveis e que podem ser aplicadas em outros recortes espaciais, como municípios e bacias hidrográficas, auxilie na revisão ou mesmo na elaboração de planejamentos socioambientais na área, a exemplo do Plano Diretor Municipal e do Plano de Drenagem Urbana, prevenindo e mitigando os reflexos de desastres no município.

5. Referências Bibliográficas

ALHEIROS, M. M. Avaliação econômica de perdas ambientais na análise de riscos geológicos. In: 1º Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica – ECOECO, 1996, Campinas (SP). **Anais...** ECOECO. 1996, p. 1-3. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/i_en/mesa4/3.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Portal HidroWeb**. Dados pluviométricos vetoriais da estação Castelo. 2012. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em: 05 set. 2017.

CORRÊA, R. L. Organização espacial. In: **Região e organização espacial**. 3ª ed. São Paulo: Ática, 1990. p. 51-60.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 211-252.

DEINA, M. A.; COELHO, A. L. N. Avaliação da fragilidade emergente na bacia hidrográfica do rio Jucu. In: VI SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016, Maringá (PR). **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2016. p. 1-12.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Brasil em Síntese: Castelo, Cachoeiro de Itapemirim e Marataízes**. 2017. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapas interativos do IBGE: base de dados geográficos**. 2015. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 18 set. 2017.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Resolução INGE n° 1/2005 que altera a caracterização do referencial geodésico brasileiro, passando a ser o SIRGAS-2000 (2005).** Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2017.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES / COORDENAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO – IJSN/CGEO. **Base de dados geográficos: 2013.** Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Catálogo de imagens OLI/Landsat 8.** Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/cdsr/>>. Acesso em: 17 set. 2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto no ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009. 672 p.

MORAES, M. M. B. **As ocupações irregulares e suas relações com as áreas de risco no espaço urbano de Cariacica-ES: o caso de Porto de Santana.** 133 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Vitória, 2017.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 112 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, n. 8, 1994. p. 63-74.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 288 p.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – GEOBASES. **SEDURB – Áreas de risco geológico.** 2014. Disponível em: <http://mapas.geobases.es.gov.br/ArcGIS/rest/services/SEDURB/SEDURB_AREAS_DE_RISCO/MapServer/19>. Acesso em: 15 maio 2018.

USGS – United States Geological Survey. **Earth Explorer.** *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM* (SRTM1S21W041V3 *publication:* 23-SEP-14). Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 04 set. 2017.